



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF A MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# KONSTRUKCE ZÁVĚRNÝCH MECHANIZMŮ

DESIGN OF ACTION MECHANISMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

DAVID KREJČÍ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. MICHAL ČERNÝ, CSc.

BRNO 2009



## ABSTRAKT

---

Cílem této bakalářské práce je popsat současný stav poznání metodiky konstrukce závěrných mechanismů palných zbraní. Práce tedy obsahuje přehled a rozdělení jednotlivých typů používaných mechanismů a základy problematiky jejich konstrukce.

**Klíčová slova:** závěrný mechanismus, zpětný ráz

## ABSTRACT

---

The purpose of this bachelor's thesis is to describe the constructional philosophy of today's firing mechanisms. This thesis includes the summary of various action mechanisms and the basis needed for solving these mechanisms.

**Keywords:** the action mechanism, recoil

## Bibliografická citace práce:

KREJČÍ, D. *Konstrukce závěrných mechanismů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 45 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michal Černý, CSc.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci „Konstrukce závěrných mechanismů“ jsem vypracoval a napsal samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce Doc. Ing. Michala Černého, CSc. a uvedl v seznamu všechny zdroje.

---

David Krejčí

V Brně dne 14.května 2009



## **PODĚKOVÁNÍ**

---

Poděkování patří panu Doc. Ing. Michalovi Černému, CSc. Za jeho věcné připomínky a návrhy k obsahu i formě této bakalářské práce.





**OBSAH**

OBSAH	11
ÚVOD	13
Definice základních pojmů	14
1. Rozdělení konstrukčních typů závěrných mechanismů	15
2. Dělení podle stupně automatizace mechanismu	17
2.1 Jednoranový opakovací mechanismus	17
2.1.1 Šroubový mechanismus	17
2.1.2 Blokovaný mechanismus	17
2.1.3 Klínový mechanismus	18
2.1.4 Odsuvný mechanismus	18
2.1.5 Komorové závěry	20
2.1.6 Lůžkové závěry	21
2.2 Částečně automatizovaný mechanismus	21
2.3 Samonabíjecí mechanismus	21
2.4 Automatické mechanismy	21
3. Způsoby uzamčení nábojové komory	22
3.1 Závěry neuzamčené	22
3.1.1 Neuzamčené závěry dynamické	22
3.1.2 Neuzamčené závěry brzděné	23
3.2 Závěry uzamčené	25
3.2.1 Závěry sklopné	25
3.2.2 Závěry otočné	26
3.2.3 Závěry přímoběžné	26
3.2.4 Závěry klínové	27
3.2.5 Závěry komorové	28
4. Způsoby pohonu funkčního mechanismu	29
4.1 Pohon impulsem výstřelu	29
4.1.1 Pohon impulsem výstřelu na závěr	29
4.1.2 Pohon impulsem výstřelu na hlavňový systém	29
4.1.3 Pohon impulsem výstřelu na celou zbraň	30
4.2 Pohon impulsem prachových plynů	30
4.2.1 Odebírání plynů komunikačním kanálkem	31
4.2.2 Pohon plyny vytékajícími z hlavně do exp. pouzdra	31
4.2.3 Pohon plyny odvedenými z hlavně skrz zápalku	31
4.3 Pohon průtlakovou silou při průchodu střely hlavní	32
4.4 Smíšené principy pohonu	32
4.5 Pohon vnějším zdrojem	32
5. Konstrukce a výpočet závěrového mechanismu	33
5.1 Základní požadavky na konstrukci závěrových uzlů	33
5.2 Impuls síly od výstřelu	34

5.3 Metody výpočtů závěrných mechanismů	35
5.3.1 Výpočet numerickou integrací	39
5.3.2 Výpočet Nyströmovou metodou	39
5.3.3 Výpočet „metodou střelby“	40
ZÁVĚR	41
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	43
SEZNAM SYMBOLŮ	44
SEZNAM OBRÁZKŮ	45

## ÚVOD

---

Závěrný mechanismus má v každé zbrani nezastupitelnou úlohu, zajišťuje hladký průběh sledu činností odehrávajících se mezi každým jednotlivým výstřelem. Aby zbraň byla po výstřelu opětovně uvedena do počátečního stavu před výstřelem, musí proběhnout otevření závěru a odstranění nábojnice z předešlého výstřelu, nabití nového náboje, uzavření závěru popř. i jeho uzamčení (dno nábojnice je podepřeno buď pohyblivě nebo nepohyblivě) a při spuštění zbraně k iniciaci zápalky nebo zápalkového šroubu náboje v nábojové komoře. Téměř každá jednotlivá akce z tohoto sledu lze uskutečnit několika způsoby, z nichž každý je praktický pro jiné aplikace. Funkce jednotlivých způsobů bude vysvětlena v první části této práce. Dále je zajímavé, že konstrukce funkčních součástí palných zbraní se liší od běžných strojírenských konstrukcí. Je to dáno průběhem zatěžování při použití zbraně, který má obvykle velmi krátkodobý charakter, daný prudkým spalováním a expanzí plynů s následným rychlým odlehčením při úniku plynů z hlavně. To umožňuje při konstrukci využít netradiční metodiku výpočtů v oblasti pružně-plastického mezního stavu (praktikuje se převážně u výpočtu hlavně). Léta experimentování potvrdila, že i tak lze docílit požadované spolehlivosti. Konstrukce těchto mechanismů je zároveň také hodně experimentální, což je dáno požadavky na spolehlivost v nejrůznějších podmínkách, ať už klimatických nebo podmínkách pracovního prostředí, jako je písek aj. Tyto změny mají vliv na řadu veličin, obzvláště hodnoty třecích koeficientů a změny rozměrů, kterým se konstruktéři musejí přizpůsobit, aby zajistili funkčnost a spolehlivost všude, kde je to třeba. Účelem práce je seznámit čtenáře se základy této tematiky.

Definice základních pojmů:

**Balistický výkon:** Je určen počáteční kinetickou energií střely (při opuštění hlavně).

**Baskule:** Opěrná plocha sklopné hlavně.

**Kladívko:** Součást bicího mechanismu. Jeho náraz na zápalku v nábojnici iniciuje výstřel.

**Komora:** Pevné uložení náboje, zajišťující jeho polohu před a při výstřelu.

**Lafeta:** Spojovací článek mezi zbraní a vozidlem, kde je namontována.

**Lůžko:** Opěrná plocha pro dno nábojnice.

**Náboj:** Celek skládající se z nábojnice, prachové náplně, zápalky a střely (obr.0.1).

**Nábojnice:** (v obr.0.1.) Schránka(2) na prachovou náplň(3), je v ní nalisována střela (1), ve dně má vypracovaný lem(4) pro snadnější výhoz vytahovačem.

**Podkluz:** Dráha, kterou urazí nosič závorníku(uzamykací člen) od okamžiku uzamčení hlavně, do okamžiku nárazu v přední krajní poloze. Při pohybu vzad je to část cyklu, kdy nosič při pohybu klouže po závoře, aniž by ji odemknul.

**Prachová náplň:** (v obr.0.1.) Náplň (3) Při termochemické reakci uvolní energii k výstřelu.

**Střela:** (v obr.0.1.) Samotný projektil (1) vymetený z hlavně při výstřelu.

**Zákluz:** Pohyb v protisměru letící střely, způsobený impulsem výstřelu.

**Zadovka:** Zbraň nabíjená ze zadní části hlavně.

**Zámek:** Člen závěrového mechanismu, fixující závorník při výstřelu na místě.

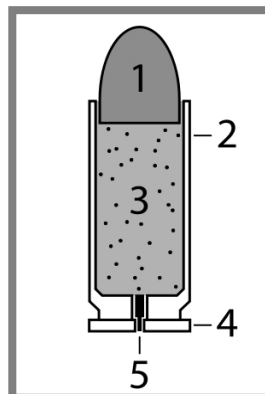
**Zápalka:** (v obr.0.1.) Zápalka (5) při úderu kladívka zažehne prachovou náplň (3).

**Závěrový uzel:** Silově spolu svazuje hlaveň, pouzdro zbraně a závěr.

**Závěr:** Souhrn prvků, sloužící v době výstřelu k uzavření a uzamčení (pouze u uzamčených závěrů) nábojové komory. Jeho součástí jsou obvykle také mechanismy zajišťující zasunutí náboje do komory, iniciaci a vytažení prázdné nábojnice, popř. selhaného náboje.

**Závorník:** Pohyblivé lůžko pro nábojnici.

obr.1 Schématický řez nábojem



## 1. ROZDĚLENÍ KONSTRUKČNÍCH TYPŮ ZÁVĚRNÝCH MECHANIZMŮ

**1**

---

### Dělení podle stupně automatizace mechanismu:

- jednoranový opakovací
- částečně automatizovaný
- samonabíjecí
- automatický a) střelba z přední polohy (otevřený systém)  
b) střelba ze zadní polohy (uzavřený systém)

### Dělení podle způsobu uzamčení nábojové komory:

- neuzamčený:
  - dynamický
  - brzděný
    - předzápalem
    - příčnými drážkami v nábojové komoře
    - dělenou hmotou
    - prachovými plyny
    - převodovým mechanismem
- uzamčený:
  - sklopný
  - otočný (šroubový, příčně otáčivé)
  - přímoběžný
  - klínový
  - lůžkový, komorový
  - komorový – revolverový

### Rozdělení podle způsobu pohonu funkčního mechanismu:

Kriteriem je zdroj hnací síly:

- impuls výstřelu (zpětný ráz, energie zákluzu)
- impuls prachových plynů odebraných z hlavně
- průtláčný odpor při průchodu střely hlavní
- smíšené principy
- externí zdroj energie

### Rozdělení podle druhu odpalovacího mechanismu:

Odpalovací a spoušťové mechanismy jsou funkčně velmi úzce vázány na mechanismy závěrové a často jsou přímo jejich součástí, zejména co se týká bicích mechanismů.

**U klasických závěrů** je klasifikačním kritériem mechanická či elektrická iniciace zápalky:

Mechanická: dle způsobu dodání energie k iniciaci

- s vlastní bicí pružinou
- bez vlastní bicí pružiny, kde bicí pružinu nahrazuje pružina představná

Elektrická: dle zdroje energie k iniciaci zápalky

- baterie
- indukční cívka
- síťový zdroj nosiče zbraně

**U lůžkových závěrů je** dělení jiné. Lůžkový závěr nalezneme u množství loveckých zbraní, některých sportovních a u signalizačních pistolí, popř. granátometů. Klasifikačním kritériem je zde umístění zámkové desky v lůžku hlavně. Podle polohy rozeznáváme zámkové desky:

Postranní, uložené na zámkové desce (bočnici)

Lůžkové, uložené přímo ve vybrání lůžka nebo vkládaný do lůžka na spoušťové desce

## 2. DĚLENÍ PODLE STUPNĚ AUTOMATIZACE MECHANIZMU

2

### 2.1 Jednoranový opakovací mechanismus

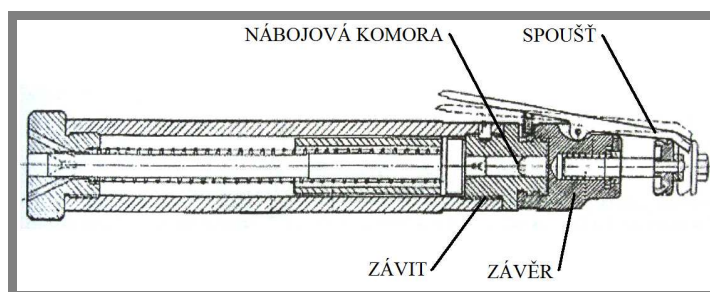
2.1

Střelec zasouvá náboj do komory a uzamyká závěr ručním ovládním. Ve většině případů se jedná o závěry uzamčené a z toho vyplývá i jejich další dělení. Některé z těchto principů jsou však aplikovány i u automatizovaných mechanismů.

#### 2.1.1 Šroubový mechanismus

2.1.1

Od hlavně oddělitelná šroubovací část má v sobě nábojovou komoru. Dnes tento závěr najdeme např. u jateční pistole (obr.2-1) nebo u různých zkušebních přístrojů, kde je požadavek na malou zneužitelnost a účelovost.

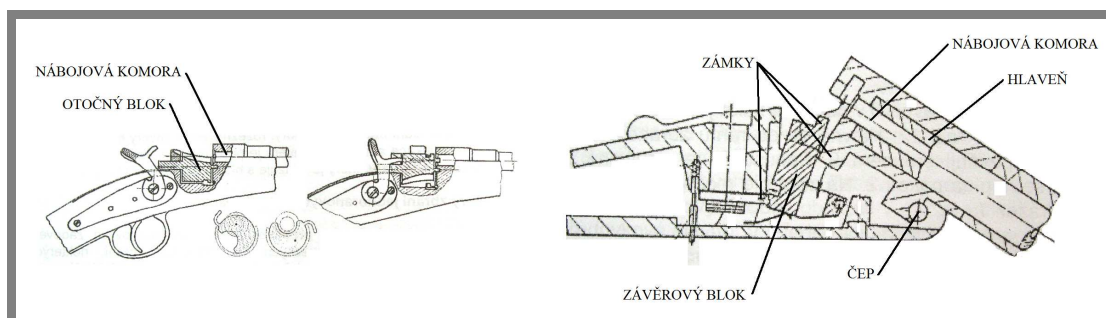


Obr.2-1 Jateční pistole

#### 2.1.2 Blokový mechanismus

2.1.2

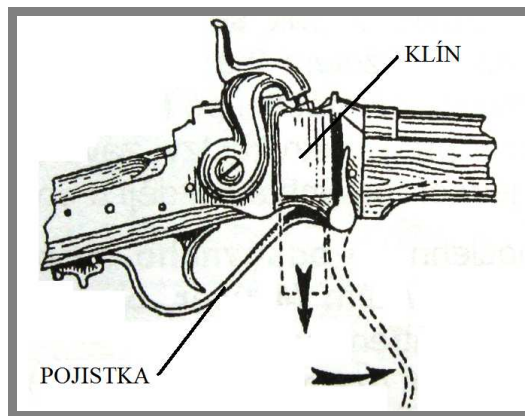
Jsou to první konstrukce závěrů používaných o jednoranových zadovek. Dnes tyto závěry lze nalézt například u loveckých kulovnic nebo brokovnic. Systém je řešen sklápěcím či otáčecím závěrovým blokem (obr.2.2), který v sobě obvykle obsahuje celé iniciační ústrojí. Pohyb celého bloku zajišťuje uzavření a uzamčení nábojové komory umístěné v hlavni. Princip je zřejmý z obrázku:



obr.2-2 Otočný a sklopný závěr

### 2.1.3 Klínový mechanismus

Klínový mechanismus je přechodem mezi předovkami a prvními zadovkami (obr.2-3), nábojová komora je uzavřena a podepřena prvkem zvaným klín, který se při nabíjení vyjme ze zbraně ven, poté se vrátí na svou pozici v uzlu a zajistí. U moderních aplikací má automatizovaná verze velké využití u středních a větších balistických výkonů.



obr.2-3 Jeden z prvních klínových mechanismů

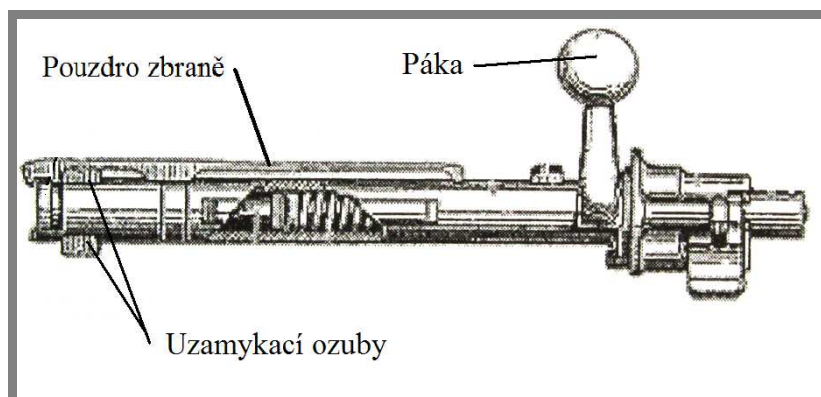
### 2.1.4 Odsuvný mechanismus

Odsuvné závěry jako první umožnily vznik opakovacích mechanismů tak jak jsou známy dnes. Některé mají i prvky již využitelné při konstrukci automatických zbraní. Dělí se na:

- otočné
- přímoběžné

Otočné odsuvné závěry mají již charakteristický tvar známý u dnešních pušek s boční pákou. Po nabití náboje se závěr zasune do přední polohy, čímž se uzavře nábojová komora a otočením závěru pomocí páky dojde k jeho uzamčení. Tyto závěry se dále dělí na jednočlenné a dvojčlenné.

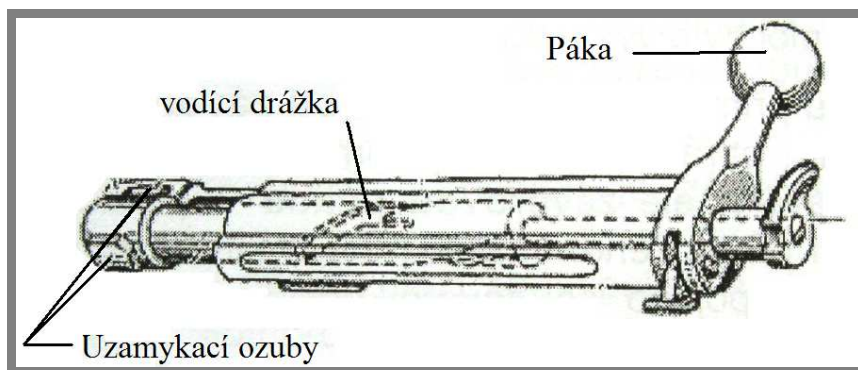
Jako příklad jednočlenného odsuvného otočného závěru lze uvést dnes stále používaný systém Mauser (obr.2-4). Závěr je vybaven uzamykacími ozuby, které při otočení páky v přední poloze, a tím i otočení celého závěru, zapadnou do zámku v pouzdu zbraně.



obr.2-4 Jednočlenný odsuvný mechanismus Mauser

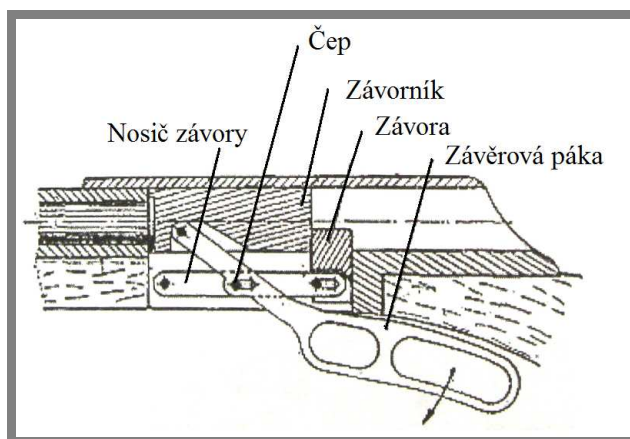


Naproti tomu u dvoučlenného odsuvného závěru (Obr.2-5) se páka závěru s nosičem závorníku hýbe pouze dopředu a dozadu. Závorník leží uvnitř nosiče a je s ním propojen šroubovitými drážkami. Když se po nabití náboje vrací závěr do přední polohy, závorník dosedne na zadní stranu nábojové komory a díky pokračujícímu pohybu nosiče vpřed se otočí a uzamkne. Tento systém se však v době svého vzniku nedočkal příliš velkého rozšíření, protože je citlivý na čistotu drážek a vyžadoval větší fyzickou sílu, je tedy vhodný spíše pro zbraně se závěry nepoháněnými ručně.



Obr.2-5 Dvoučlenný odsuvný přímotažný mechanismus

Funkci přímoběžného závěru lze znázornit na mechanismu s vloženou závorou. Nosič závěru je zde, narozdíl od závěrů otočných, tvořen závěrovou pákou pod pouzdrem zbraně, která zároveň tvoří lučík spouště. Druhý konec páky je tvořen vidlicí spojenou se závorníkem. Při pohybu páky se závorník pohybuje vpřed a vzad. Uzamčení probíhá pomocí vložené závory ve tvaru písmene H, která se pohybuje ve vertikálním směru a když dojde k uzavření komory, pohybem páky vyjede nahoru, kde zapadne do vybrání na spodní straně závorníku. Funkce mechanismu je dobře vidět na zjednodušeném obrázku (Obr.2-6).

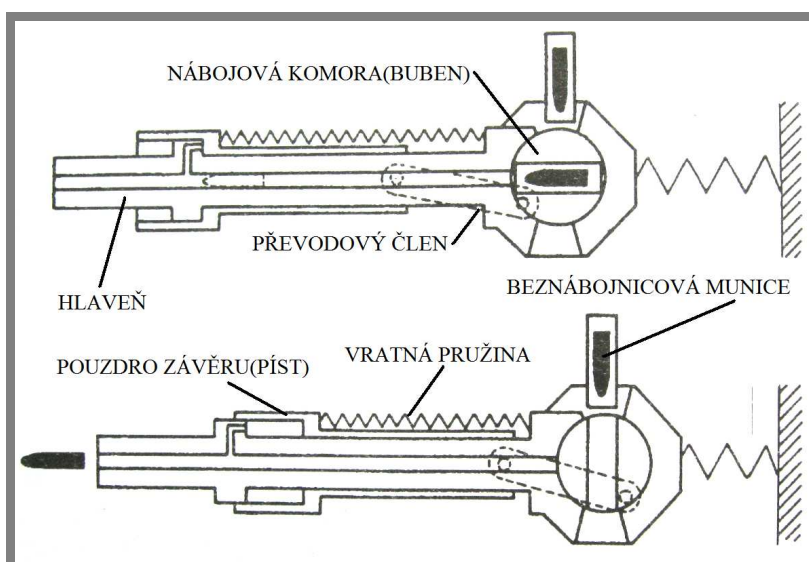


Obr.2-6 Zjednodušené schéma přímoběžného závěru s vloženou závorou

### 2.1.5 Komorové závěry

Komorový závěr tvoří obvykle blok válcového tvaru, ve kterém je vyrobena jedna nebo více nábojových komor. Nejznámějším zástupcem tohoto mechanismu jsou dnes revolvery, ale komorových závěrů je celá řada druhů, z nichž některé se hodí i pro vysokokadenční aplikace. Většina komorových závěrů však trpí problematickým utěsněním přechodu nábojové komory a hlavně. Podle způsobu pohybu závěru je dělíme na:

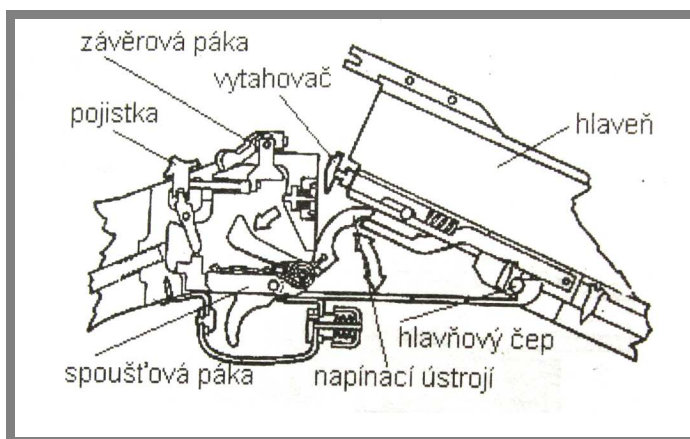
- Vložné: Závěr s komorou se ručně vyjme, nabije, vrátí a zajistí ve zbrani.
- Přesuvné: Závěr je upevněn ke zbrani a po výstřelu se komorový blok odsune do boku, vzhůru nebo dozadu.
- Sklopné: Komorový blok se pomocí páky sklopí do úhlu vůči ose hlavně, kdy je možné jej pohodlně nabít, poté se vrátí do počáteční polohy a zajistí.
- Revolverové: Závěr obsahuje několik nábojových komor. Jejich rotací dochází k přebíjení zbraně. Otáčení je dnes obvykle řešeno spojením se spoušťovým a bicím mechanismem.
- S příčným válcem: Komorový závěr s příčným válcem najdeme například u systému Berenger (Obr.2-7), kde je komorový blok uložen vertikálně vůči hlavní. Náboj se přivede ze zásobníku umístěného nad zbraní, sklouzne do komory, ta se otočí do směru hlavně a zbraň je připravena k výstřelu. Tento systém používá beznábojnicové střelivo a není zde tedy potřeba řešit vyhazování nábojnic. Nicméně výhozné okénko zůstává, díky potřebě vyhazovat selhané náboje.



Obr.2-7 Komorový závěr s příčným válcem

**2.1.6 Lůžkové závěry:**

Závěr tvoří tzv. lůžko, což je nepohyblivá část spojená s pouzdem zbraně. V lůžku je vypracováno čelo a umístěno bicí a spoušťové ústrojí. Dále se zde nachází čep, popřípadě háky, jež umožňují sklopení hlavně a tím otevření nábojové komory. Mechanismus se používá u některých loveckých zbraní, signálních pistolí a granátometů (Obr.2-8).



Obr.2-8 Lůžkový závěr granátometu

**2.2. Částečně automatizovaný mechanismus**

Energií získanou jinak než od střelce jsou ovládány pouze některé úkony. (otevírání závěru, vyhození nábojnice, napínání bicího mechanismu apod.)

**2.3. Samonabíjecí mechanismus**

Celý funkční cyklus, kromě spuštění, je uskutečněn automaticky. Těmto mechanismům říkáme také poloautomatické.

**2.4. Automatické mechanismy**

Automatizován je zde celý cyklus a zbraň je v chodu, dokud střelec neuvolní spoušť. Podle požadavků na přesnost a výkon jsou konstruovány buď pro střelbu z přední nebo zadní polohy. Spoušťový mechanismus bývá upraven tak, aby umožňoval plně automatickou střelbu, střelbu dávkami a popřípadě mechanicky omezenými dávkami.

Poznámka:

*Další dělení samonabíjecích a automatických mechanismů je v dostupné literatuře poměrně nejednotné, což je způsobeno tím, že většina mechanismů je kombinací několika principů. Podle názoru řešitele bakalářské práce spadá toto jednoznačně již do dělení podle způsobu uzamčení nábojové komory.*

### 3. ZPŮSOBY UZAMČENÍ NÁBOJOVÉ KOMORY

#### 3.1. Závěry neuzamčené

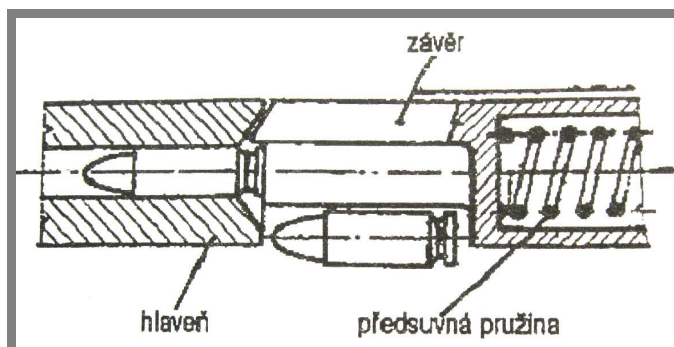
Při výstřelu dojde vlivem uvolněné energie k okamžitému pohybu závěru nebo jiných prvků, tvořících závěrový uzel, a tím k otevření závěru.

##### 3.1.1. Neuzamčené závěry dynamické

Těmto závěrům se také říká setrvačnostní. Do skupiny se řadí všechny závěry, které síle působící na náboj a nábojnici odolávají pouze svou setrvačností, silou vratné pružiny a pasivními odpory. Hmotnost závěru musí být stanovena tak, aby nedošlo k přetržení nábojnice nebo omezení funkce závěru. Tyto závěry jsou používány převážně u nábojů o menších balistických výkonech.

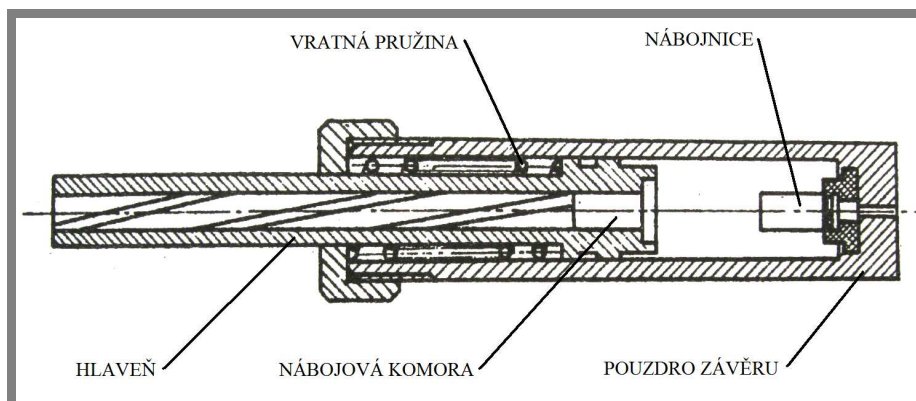
Hlavní principy otevírání nábojové komory:

Pohyblivý závěr – (Obr.3-1) síla od expandujících tlakových plynů žene nábojnici, která před sebou tlačí závěr, vzad. V zadní poloze nábojnice opustí závěr a vyletí ven, při zpětném pohybu obvykle dojde k zachycení dalšího náboje ze zásobníku a jeho natlačení do nábojové komory.



Obr.3-1 Neuzamčený dynamický mechanismus s pohyblivým závěrem

Pohyblivá hlaveň – (Obr.3-2) zde je nábojnice opřena o čelo nepohyblivé komory a síla expandujících plynů žene vpřed pouze projektil, který svým třením při průchodu hlavní, způsobuje její pohyb vpřed a tím otevření nábojové komory. Při pohybu hlavně zpět dojde k podebrání dalšího náboje ze zásobníku a stará nábojnice je vytlačena před uzavřením komory ven.



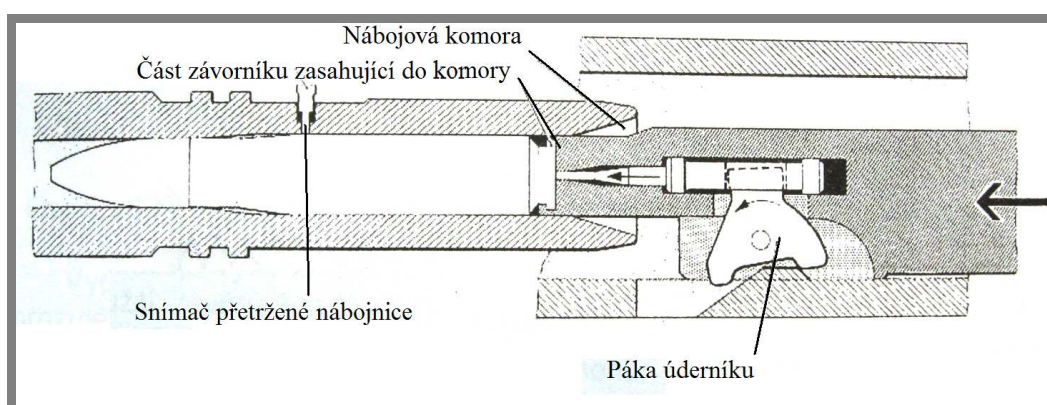
Obr.3-2 Neuzamčený dynamický závěr s pohyblivou hlavní

### 3.1.2. Neuzamčené závěry bržděné

3.1.2

Jedná se o závěry, kde je odpor proti hnací síle zvětšen vhodným způsobem, tak aby při jeho pohybu nedošlo k jejich poškození nebo poškození jiného prvku zbraně vlivem velkých sil při použití balisticky výkonnějších nábojů. Brždění lze uskutečnit několika způsoby:

**Předzápalem** – Ke zmenšení silových účinků na pohyblivé části zbraně se zde používá následující postup. Závěr je s nábojem v natažené (zadní) poloze, po spuštění zbraně dojde k uvolnění vratné pružiny závěru, která jej žene vpřed. Dojde k uzavření nábojové komory, která je však o něco delší než náboj a závěr se zasunuje dále. Náboj je iniciován po uzavření komory před nárazem závěru na hlaveň. Energie uvolněná při výstřelu musí tedy ještě překonat navíc kinetickou energii závěru jenž se pohybuje vpřed. Předzápal bývá iniciován například přibržděním náboje v komoře deformací nábojnice a nárazem při přeskočení vytahovače přes okraj náboje na pevný úderník na lůžku nebo hmotným úderníkem, který při zbrždění náboje a závěru svou kinetickou energií iniciuje zápalku. Tento předzápal se nazývá neřízený a bývá používán u nižších balistických výkonů. Pro střední a vyšší výkony se používá zápal řízený (Obr.3-3), kdy je úderník aktivován pákou úderníku, kterou před sebou tlačí závěr.

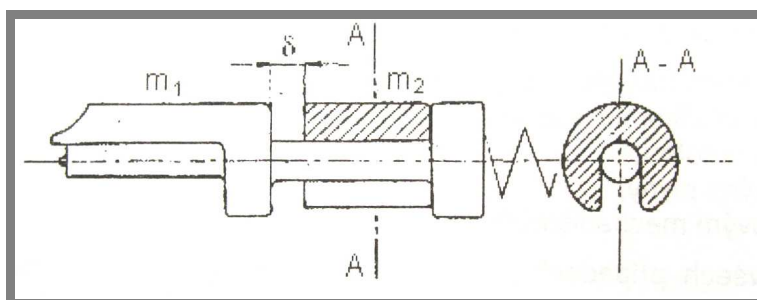


Obr.3-3 Závěr bržděný řízeným předzápalem



Příčnými drážkami – V tomto mechanismu dochází k brždění nábojnice. V nábojové komoře je buď jedna nebo více drážek po obvodu a při expanzi prachových plynů dojde k deformaci nábojnice. Při jejím pohybu vzad se nábojnice musí deformovat zpět, což jí sníží energii, kterou předá závěru. Tento způsob se však příliš neosvědčil díky své nespolehlivosti.

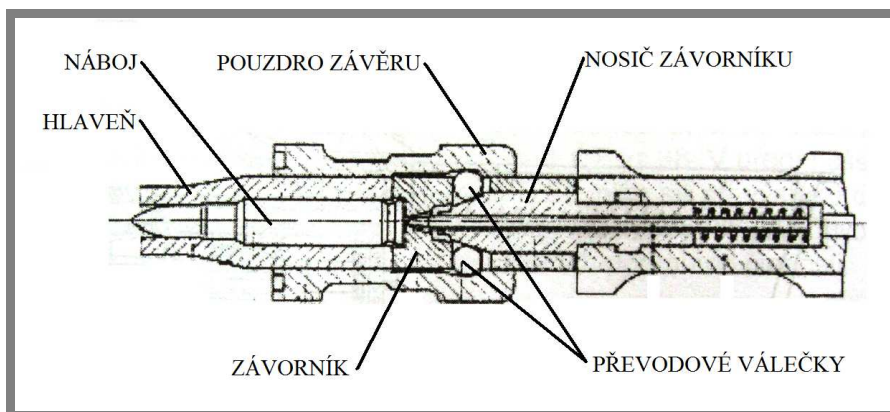
Dělenou hmotou – (Obr.3-4) Závěr je tvořen dvěma částmi, hlavní a protizávažím pohyblivým po hlavní části. Při pohybu v před je protizávaží tlačeno vpřed. Při zastavení hlavní části a přechodu do pohybu vzad narazí hlavní část do protizávaží, čímž dojde ke spojení hmot a snížení rychlosti. Ideální situace a největší zbřždění nastává, pokud k nárazu závaží a hlavní části dojde v okamžiku, kdy je tlak prachových plynů maximální.



Obr.3-4 Závěr bržděný dělenou hmotou

Prachovými plyny – Závěr z vnějšku přesahuje hlaveň, obklopuje ji, a tvoří píst. V hlavni jsou otvory, kterými z ní unikají prachové plyny působící do protipohybu na závěr v době, než projektil opustí hlaveň.

Převodovým mechanismem – Jedná se zde o vložení převodového členu nebo mechanismu k závěru. Existuje několik řešení. Klikový mechanismus, který je při zavřeném závěru blízko své mrtvé polohy a ze začátku je tedy potřeba velká síla, aby se dal do pohybu. Dále existuje koncept s třecím elementem, jedná se obvykle o vložku, která se vlivem pohybu závěru vpřed a vzad pohybuje v pouzdru zbraně nahoru a dolů, v určité fázi se přestane hýbat, vyjede ze závěru a ten je tím plně uvolněn, při návratu závěru je vložka nabrána a sklouzne zpět. Tento způsob se však již v praxi nepoužívá díky své přímé závislosti na tření, které se mění s podmínkami provozu. Jako poslední je dnes stále používaný způsob brždění převodovými válečky (Obr.3-5). Při expanzi prachových plynů nábojnice tlačí na závorník. V důsledku toho se válečky zapřené mezi dnem závorníku a šikmými plochami pouzdra závěru dají do pohybu k sobě a tlačí před sebou nosič závorníku. Závěr se uvolní ve chvíli, kdy válečky sjedou z šikmých ploch a vykonávají již pouze translační pohyb s celým závěrem. Závěr je navržen tak, aby toto nastalo ve chvíli, kdy střela opouští hlaveň.



Obr.3-5 Závěr brzděný válečky

### 3.2. Závěry uzamčené

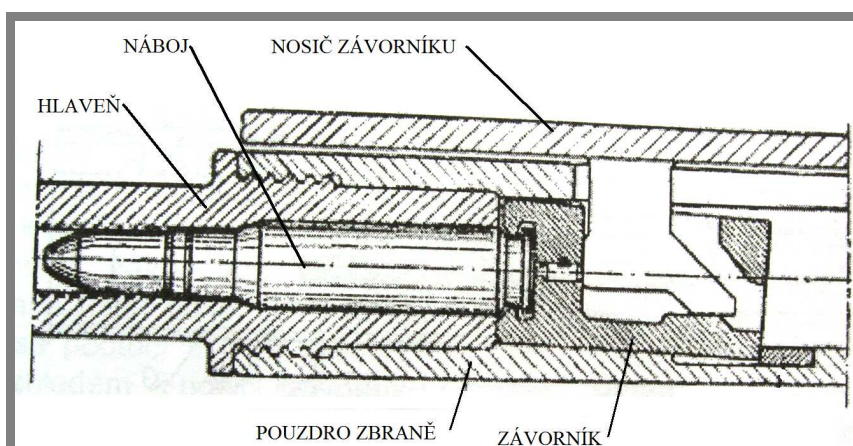
3.2

Hlavní rozdíl oproti odemčeným závěrům spočívá v tom, že při výstřelu se závorník nedá okamžitě do pohybu, ale pevně podpírá nábojnici až do vypuštění střely z hlavně. Poté je odemčen a nosičem závorníku odtažen pryč spolu s nábojnicí. Uzamčené závěry automatizovaných a samonabíjecích mechanismů jsou aplikacemi dvoučlenných odsuvných a některých komorových závěrů jednoranových a opakovacích zbraní, viz výše. Vznikají takovou konverzí, kdy je ruční ovládání nosiče závorníku nahrazeno jiným zdrojem energie, většinou od výstřelu.

#### 3.2.1 Závěry sklopné

3.2.1

Závěr se uzamyká sklopením, přičemž se pevně zapře. Princip je vidět na obr.3.6. Závorník je pevně zapřen, dokud ho při pohybu vzad nosič neuvolní nadzdvihnutím a neodtáhne do zadní polohy.



Obr.3-6 Uzamčený závěr sklopný

Sklopné závěry se užívají spíše u zbraní menšího balistického výkonu. Při větších výkonech už obvykle jedna opěrná plocha nestačí a více ploch se špatně realizuje. Také vzdálenost opěrné plochy ode dna nábojnice a tím vznikající nezanedbatelný moment v závěrovém uzlu mluví pro použití pouze u malých zbraní.

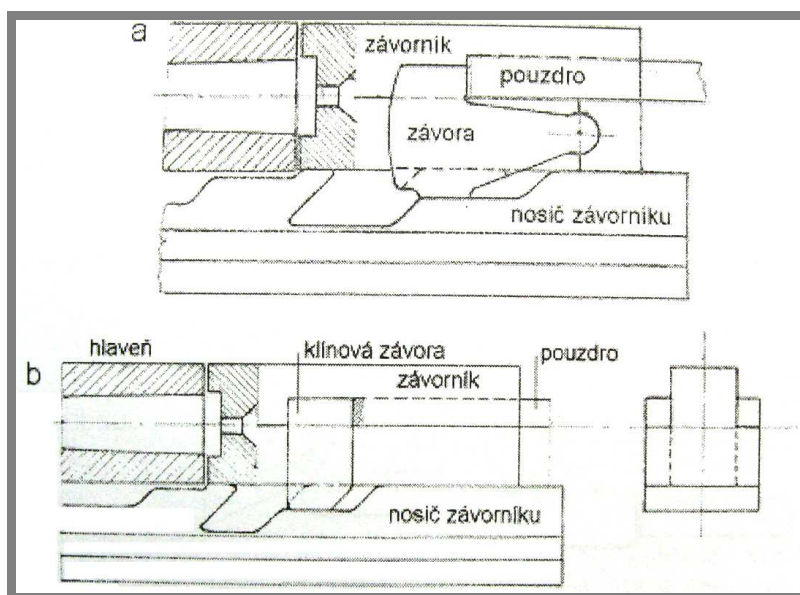
### 3.2.2 Závěry otočné

Principiálně se jedná o dvojčlenný otočný závěr popsáný již u jednoranových mechanismů, avšak pohyb nosiče závorníku je zde automatizován. Je velmi spolehlivý a zároveň relativně malý a použitelný pro celou škálu balistických výkonů, za což vděčí variabilitě a množství uzamykacích ozubů umístěných osově souměrně a schopných přenášet velké síly bez vzniku nežádoucích momentů v závěrovém uzlu. Spolehlivost je dána také velmi malou vzdáleností mezi opěrnými plochami ozubů a čelem závorníku, což téměř eliminuje nežádoucí pružení závorníku a pouzdra. Díky těmto vlastnostem se v různých obměnách jedná o jeden z dnes nejrozšířenějších závěrů.

### 3.2.3 Závěry přímoběžné

Ve své podstatě to je jednoranový přímoběžný závěr s automatizovaným pohybem závory. To lze uskutečnit několika způsoby:

- nesená závora (obr.3-7): závora je spojena pohyblivě se závorníkem čepem (sklopná závora) nebo je vložena v závorníku tak, aby se vůči němu nemohla pohybovat vpřed a vzad (klínová a destičková závora), v uzamčené poloze se zároveň opírá o pouzdro zbraně, čímž je zamezeno pohybu závěru. Nosič závorníku při pohybu vzad překoná podkluz a zajede ozubem do vybrání v závoře a přeruší její kontakt s pouzdem. Nosičem tažená závora sebou táhne i celý závorník a dojde k otevření nábojové komory.



Obr.3-7 Uzamčený závěr přímoběžný s nesenou závorou

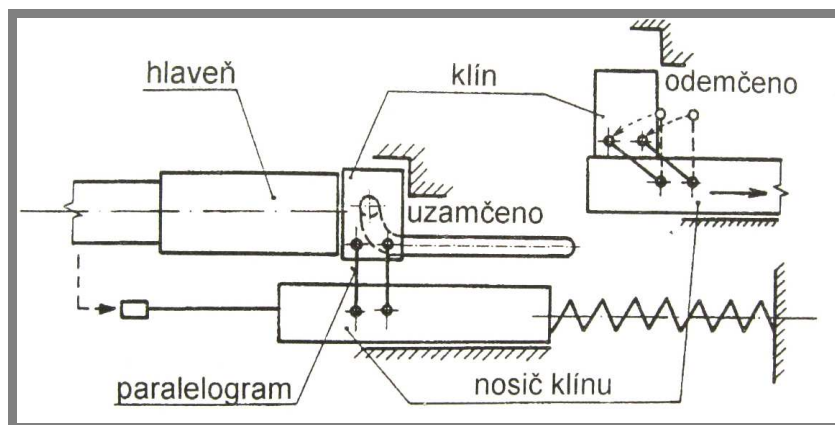
- Vložená závora: Zde závora není nesená, tvoří ji buď výstupky přímo na hlavní nebo vložená závora spojující závěr a hlavěň. Zákluz tu vykonává i hlavěň, v prvním případě se zastaví o kolík pouzdra a sklopí, zbytek závěru dokoná zákluz, v druhém případě se o kolík zastaví a odsune závora. Tento princip využívají hlavně pistole a další zbraně s krátkou hlavní.





### 3.2.4





Obr.3-10 Uzamčený závěr klínový odemykaný paralelogramem

### 3.2.5 Závěry komorové

V automatických aplikacích nalezneme několik hlavních principů:

- přesuvné: komora se pohybuje nahoru a dolů v pouzdru zbraně, v dolní poloze dojde k nabití, v horní poloze, kdy se komora nemůže hýbat ve směru osy hlavně a dno je nábojnice je zapřeno o stěnu, dojde k výstřelu.
- Revolverové: v průběhu cyklu se střídají nábojové komory bubnu. Pokud komora zrovna není v poloze u hlavně před výstřelem, dojde k jejímu nabití nebo vyhození nábojnice. Rotace bývá zajištěna nosičem závěru s tvarovanou drážkou, do níž zapadá vodítko bubnu.
- S příčným válcem: viz jednoranové mechanizmy

## 4. ZPŮSOBY POHONU FUNKČNÍHO MECHANISMU

4

### 4.1 Pohon impulsem výstřelu

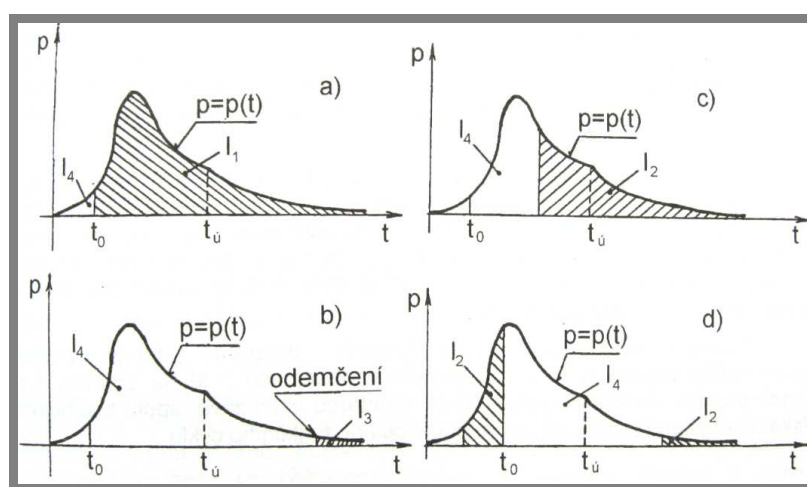
4.1

Prostřednictvím nábojnice se energie výstřelu přenáší na určitou část mechanismu:

#### 4.1.1 Pohon impulsem výstřelu na závěr

4.1.1

Využívá se, až na několik výjimek, především u zbraní neuzamčených a neuzamčených bržděných s malými balistickými výkony (Obr.4-1 a), nicméně ovlivňuje i chod všech závěrů uzamčených. Pro pohon je u neuzamčených závěrů využit celý průběh impulsu od výstřelu. U zbraní uzamčených a se smíšenými principy pouze jeho určitá část (b,c). Velikost ovlivnění chodu uzamčených závěrů závisí na čase odemčení v souvislosti s požadovanou kadencí (d).



**Obr.4-1** Využití impulsu výstřelu k pohonu závěru.  $t_0$ - čas, kdy tlak plynů vymete střelu z nábojnice  $t_u$ - čas, když střela opustí hlavěň, poté již plyny unikají volně z hlavěň

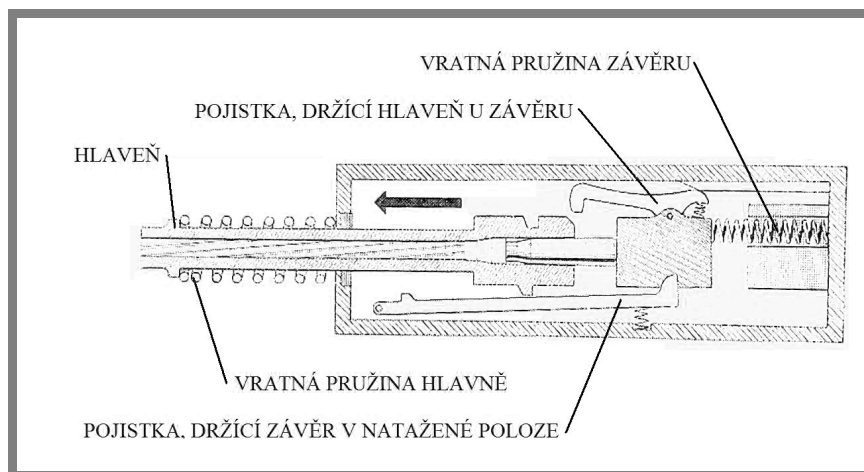
Při konstrukci závěrů je třeba dbát na to, že teoretické výpočty obvykle nezahrnují zbytkový tlak plynů přecházejícího výstřelu na odemykaný závěr.

#### 4.1.2 Pohon impulsem výstřelu na hlavňový systém

4.1.2

Automatické systémy využívající zákluz hlavňového systému mají tu výhodu, že po celou dobu co se střela nachází v hlavni je hlavěň naprosto utěsněna (nábojnice se vůči hlavni nepohybuje) a zároveň již dochází k natahování závěru a přípravě k dalšímu cyklu. Dále tento princip vyvíjí menší síly na lafetu zbraně. Podle toho, kdy dojde k oddělení hlavně a závěru dělíme tento princip na dva:

- s dlouhým zákluzem hlavně: (Obr.4-2) Nábojnice tlačí na závěr a ten sebou přes spojovací člen táhne i hlavěň. Když závěr dosáhne zadní polohy, spojovací člen uvolní hlavěň, ta se vrátí do přední polohy, závěr ji po vyhození prázdné nábojnice následuje a nabere další náboj.

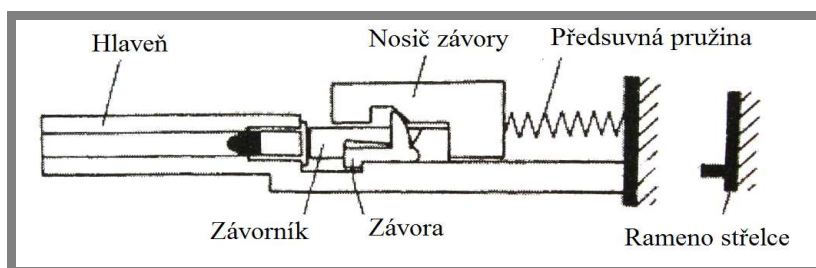


Obr.4-2 Systém s dlouhým zákluzem hlavně

- s krátkým zákluzem hlavně: Hlaveň koná pouze krátký zákluz. Zajištění, odemčení a otevření závěru, aby došlo k vyhození nábojnice, mají na starosti buď setrvačná síla udělená závěru při pohybu s hlavní nebo s tzv. zrychlovačem – převodovým členem mezi hlavní a závěrem.

#### 4.1.3 Pohon impulsem výstřelu na celou zbraň

Jedná se o poměrně starý princip využívající pohyb celé zbraně proti ramenu, o které je zapřena (Obr.4-3). Není to velmi spolehlivý princip, jelikož jeho funkce je příliš závislá na vnějších vlivech. Ukážeme si jeden z použitelných principů: Celá zbraň se pohybuje vzad, dokud ji rameno nezastaví, hmotný nosič závorníku se setrvačností pohybuje dál proti síle vratné pružiny a odemyká závěr. Systém se úspěšně používá u poloautomatických brokovnic.



Obr.4-3 Pohon impulsem výstřelu na celou zbraň

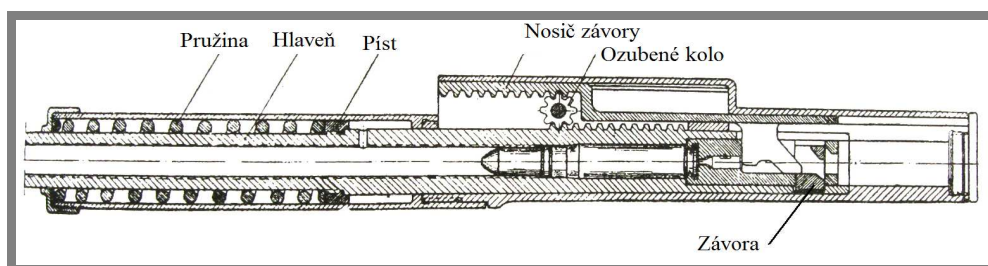
#### 4.2 Pohon impulsem prachových plynů

Zde bývá obvykle hlavě pevně ukotvená v pouzdru zbraně. Množství prachových plynů odebraných z hlavě při výstřelu potřebných k zajištění funkce závěru je z hlediska počáteční rychlosti střely zanedbatelné. Podle způsobu odvedení plynů z hlavě rozpoznáváme několik typů.

#### 4.2.1 Odebírání plynů komunikačním kanálkem

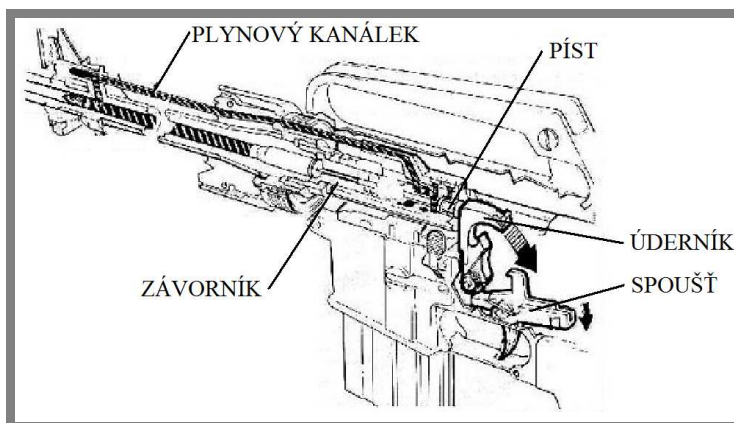
Jedná se o nejčastější systém pohonu u ručních palných zbraní. Do hlavně je v určitém místě vyvrtán kanálek, který je napojen na píst, vykonávající pohyb rovnoběžně s hlavní. Je zde několik možností uspořádání:

- Píst je v trubici souběžně s hlavní a koná pohyb směrem vzad, tvoří tak nosič závorníku.
- Píst tvoří mezikruží a je pevně spojen s hlavní, ta tedy vykonává spolu s ním předkluz, mezi hlavní a závěrem je ozubené kolo a závěr koná souběžně s hlavní zákluz (Obr.4-4).



Obr.4-4 Pohon impulsem prachových plynů, odebírání komunikačním kanálkem s vnějším pístem.

- Plynový kanálek vede podél hlavně až k závěrovému mechanismu. Tam se teprve nachází píst, který tvoří přímo závorník.



Obr.4-5 Pohon impulsem prachových plynů, kanálek vede až k závěru, kde se teprve nachází píst.

#### 4.2.2 Pohon plyny vytékajícími z hlavně do expanzního pouzdra

Tento systém se ve větší míře nerozšířil díky větší hmotnosti komponent a nespolehlivé činnosti. Na konci hlavně je expanzní pouzdro tvořící zároveň kompenzátor. To je spojeno přes kladkový mechanismus se závěrem.

#### 4.2.3 Pohon plyny odvedenými z hlavně skrz zápalku

Při výstřelu dojde ve speciální nábojnici k úniku prachových plynů dnem přes zápalku. Plyny působící na úderník ho uvedou do pohybu spolu s nosičem závorníku

a udělí mu dostatečnou setrvačnou sílu pro vykonání cyklu. Způsob se ukázal funkčně i ekonomicky jako méně schůdný.

---

### **4.3 Pohon průtlačnou silou při průchodu střely hlavní**

Funkce viz 2.1.1 Pohyblivá hlaveň. Princip byl prakticky použit u několika pistolí. Funkce je závislá na opotřebení hlavně, proto se tento systém příliš nerozšířil.

---

### **4.4 Smíšené principy pohonu**

Jedná se o kombinaci několika mechanismů. Například na obrázku (Obr.4-4) je odběr plynů z hlavně, kde píst slouží jako pojistka vložené závory. Po odemčení je využit impuls výstřelu na závěr.

---

### **4.5 Pohon vnějším zdrojem**

Původním podnětem k využití vnějšího zdroje byla potřeba synchronizace výstřelu zbraně s otáčkami vrtule aby nedocházelo k jejímu poškození a vychylování střel. Později se ukázalo, že vnější pohon má řadu výhod. U samotné zbraně to obvykle umožňuje jednoduchou a lehkou konstrukci a poměrně snadnou změnu kadence podle charakteru plněného úkolu. Nejčastěji se k pohonu využívá elektrický, pneumatický nebo hydraulický motor.



## 5. KONSTRUKCE A VÝPOČET ZÁVĚROVÉHO MECHANIZMU

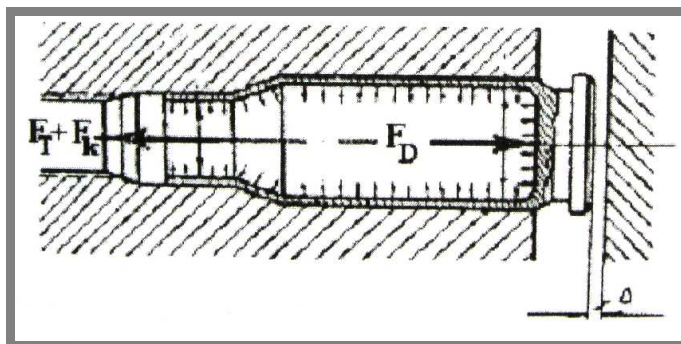
5

### 5.1 Základní požadavky na konstrukci závěrových uzlů

5.1

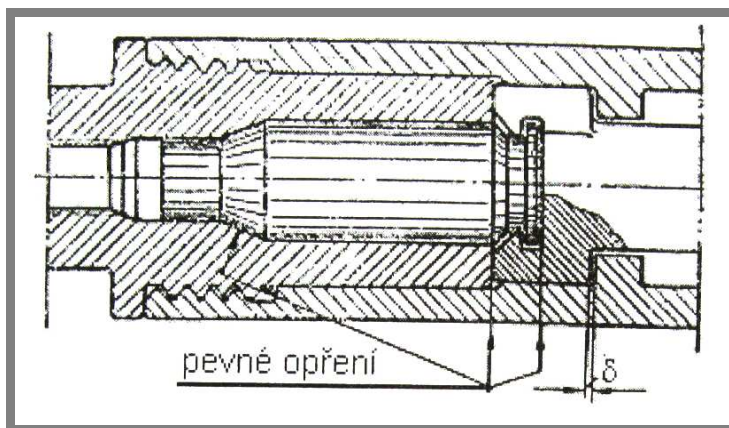
Při navrhování závěrového mechanismu je třeba se držet určitých pravidel, aby se v průběhu služby zbraně zabránilo zranění střelce nebo zničení samotné zbraně. Mezi tyto požadavky se řadí:

- vůle mezi lůžkem závěru a dnem nábojnice: (Obr.5-1) Při iniciaci náboje začne na stěny nábojnice působit síla od rozpínajících se plynů. Tato síla má za následek velké tření mezi stěnou nábojnice a nábojovou komorou. Zároveň tato síla působí i na dno nábojnice a to, pokud není řádně podepřeno, se může oddělit od zbytku nábojnice, drženého třecími silami v komoře. Síly tlačící na dno jsou totiž výrazně větší, než síla potřebná k přetržení nábojnice.



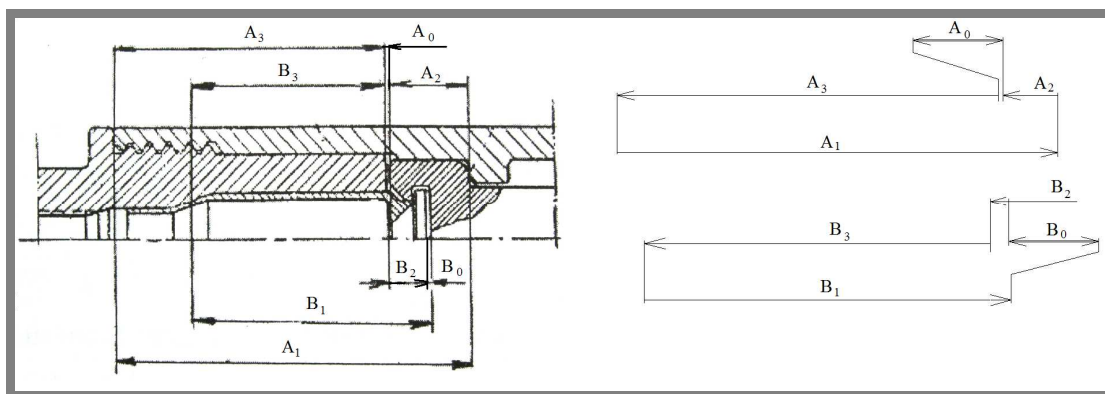
Obr.5-1 Vůle mezi dnem nábojnice a čelem závorníku [3]

- vůle v uzamčení: (Obr.5-2) je vůle mezi uzamykacími ozuby a jejich opěrnými plochami. Následky příliš velké vůle jsou stejné jako u předchozí. Je třeba také zajistit, aby i při delším provozu, a tím zvětšeným rozměrům vlivem teplotní roztažnosti, bylo stále možné uzamčení komory. Ve stávajících systémech se hodnota vůle pohybuje mezi  $\delta = 0,15$  až  $0,35\text{mm}$ .



Obr.5-2 Vůle v uzamčení [3]

V obr.5-3 je okótován závěr s důrazem na výslednou toleranci rozměru  $B_1$ :



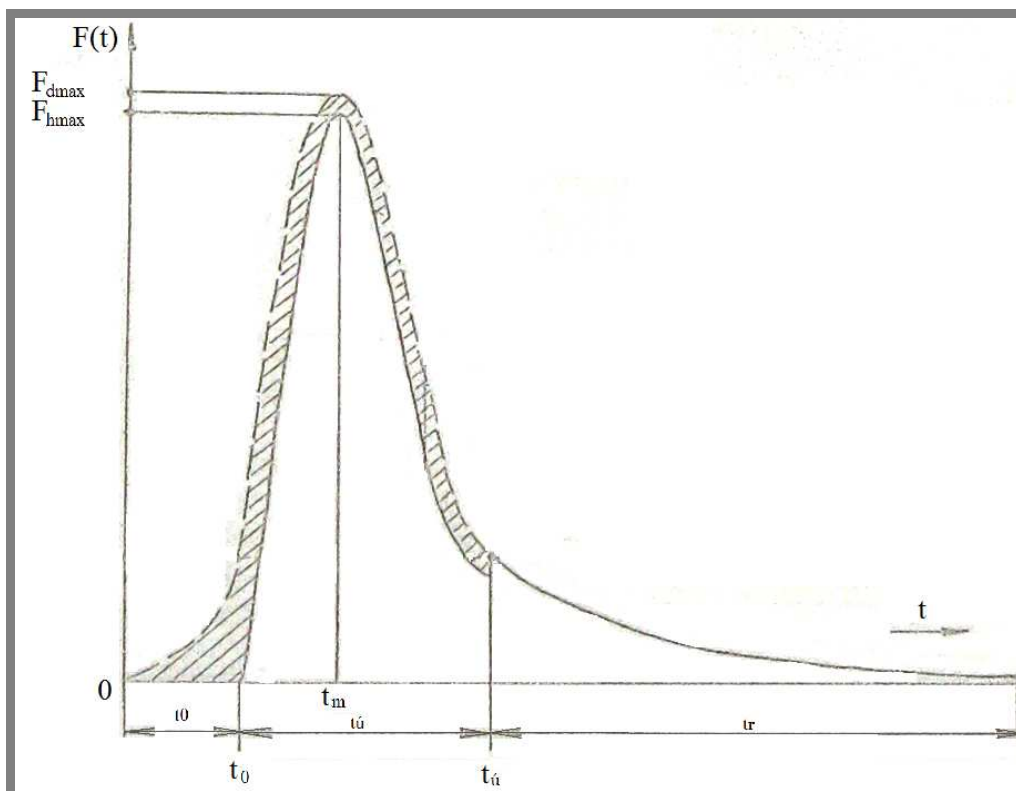
Obr.5-3 Tolerování závěrového uzlu

- osové deformace v závěrovém uzlu: vlivem sil od výstřelu dochází k podélné deformaci hlavně a pouzdra zbraně, což se musí opět zahrnout do výpočtu bezpečných vůlí.
- zabránění výstřelu při neuzamčené hlavni: Závěr musí obsahovat pojistky zabráňující iniciaci zápalky ve všech polohách závěru, kromě polohy kdy je závěr plně uzamčen. Dále nesmí být dovolena iniciace v případě poškození jakéhokoliv členu závěru vedoucího k výstřelu.
- podkluz mezi nosičem závorníku a závorníkem: Pro zajištění odemčení až po poklesu tlaku v hlavni na bezpečnou hodnotu.
- hmotnost a rozměry.

## 5.2 Impuls síly od výstřelu

Síla působící na zbraň při výstřelu, na závěr a jednotlivé členy závěru je způsobena tlakem vznikajícím v hlavni při termochemické reakci prachové náplně. Tlak působí všemi směry stejně, střela však není nijak zapřená a začne se jeho vlivem pohybovat. Obecně platí, že tlaková síla na dno hlavně  $F_d$  a tedy i závěrové členy je větší, než tlaková síla na dno pohybující se střely  $F_h$  (Obr.5-4). Impuls této síly se nazývá zpětný ráz a je tedy definován jako časový účinek síly od výstřelu. Síla od výstřelu je průmětem výslednice všech sil vznikajících v důsledku zrychleného pohybu střely, včetně třecích sil a setrvačných sil členů závěru.





Obr. 5-4  $t_0$ - čas, kdy tlak plynů vymete střelu z nábojnice,  $t_u$ - čas, když střela opustí hlavěň,  $t_r$ - čas volného unikání plynů z hlavěň

### 5.3 Metody výpočtů závěrných mechanismů

5.3

Hlavní funkcí závěru je vytvořit pohyblivé dno hlavěň, umožňující nabíjení zezadu. Závěr tedy vykonává pohyb. Cílem je zjistit charakteristiky tohoto pohybu v závislosti na čase a poloze vůči zbytku mechanismu. Na základě obecných principů mechaniky se dá pohyb závěru popsat touto pohybovou rovnicí:

$$m_z(x) \cdot (d^2x/dt^2) = F_d(t) - F_0(x, x') \quad (5.1)$$

kde:

$m_z$  - hmotnost všech součástí zbraně pohybujících se během funkčního cyklu vzhledem k rámu zbraně. Pro různé úseky dráhy je  $m_z$  často různá (ne všechny součásti závěru jsou stále v pohybu).

$F_d$  - síla působící na dno nábojnice, tedy i na čelo závěru.  $F_d$  je proměnná v čase.

$F_d(t) = p(t) \cdot S_d$  Kde  $S_d$  je vnitřní plocha dna nábojnice a  $p(t)$  tlak prachových plynů při hoření.

$F_0$  - součet všech odporů působících proti pohybu závěru. Tyto se obvykle mění v závislosti na dráze  $x$  a rychlosti závěru  $x'$

Podstatou výpočtu pohybu závěru je tedy řešení diferenciální rovnice druhého řádu ve tvaru:

$$x'' = f(t, x, x') \quad (5.2)$$

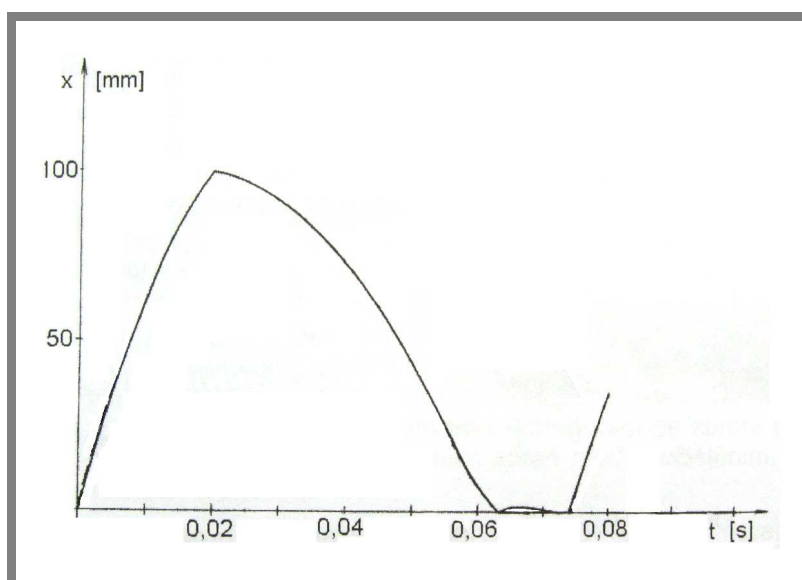
Počáteční podmínky rovnice pro pohyb závěru vzad jsou:

$$x(t = 0) = 0$$

$$x'(0) = 0$$

(Pro pohyb zpět ze zadní polohy již podmínky nulové nejsou!)

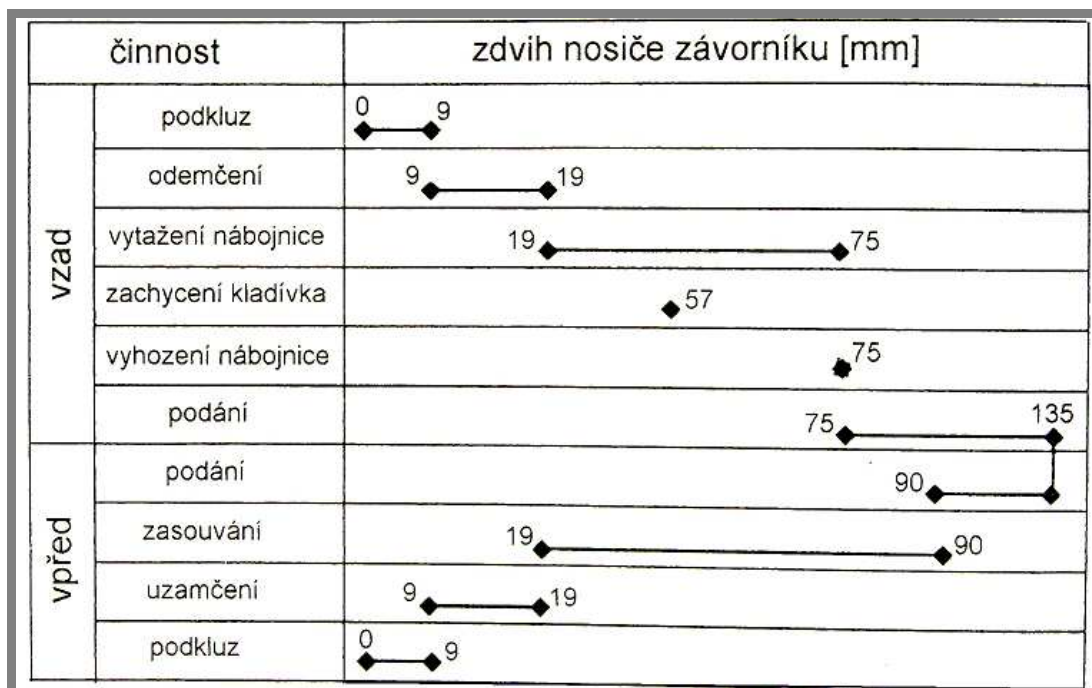
Při konstrukci samonabíjecího závěrového mechanismu je obvykle součástí vypracování tzv. funkčního diagramu zbraně (Obr. 5-5). Jedná se o závislost dráhy hlavního členu mechanismu (celý závěr nebo nosič závorníku) na čase. Získáme ho buď experimentálně na prototypu zbraně, nebo předběžným výpočtem. Z diagramu lze odečíst doby činnosti jednotlivých součástí a jejich dráhy. Při derivaci této dráhy získáme rychlosti a zrychlení, jejichž znalost je důležitá při zjišťování rázů dynamického namáhání. Ty mají vliv například na následnou volbu materiálu.



Obr.5-5 Ukázka funkčního diagramu [3]

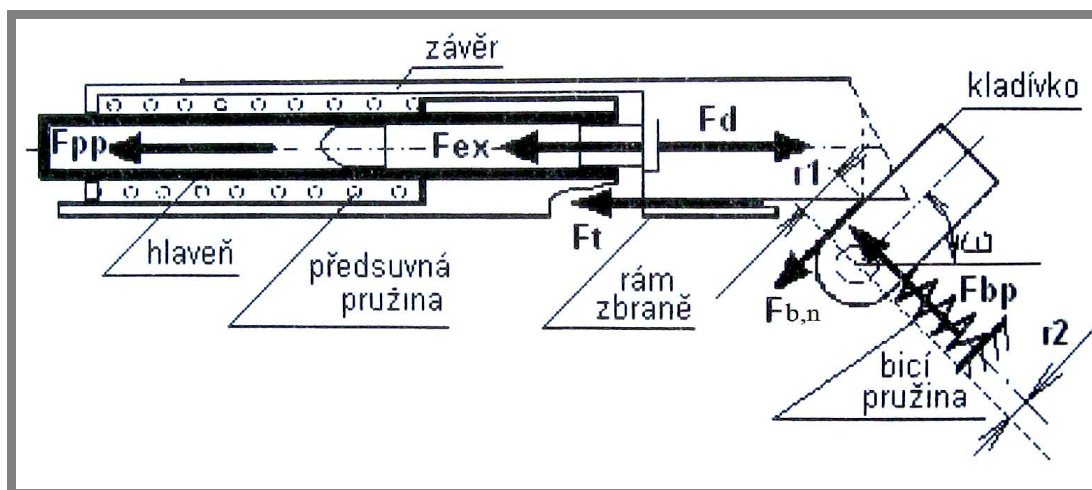
Do diagramu lze vynést i derivace funkční křivky a tím získat přehled o rychlosti a zrychlení hlavního členu.

Další diagram, který dává představu o pohybu součástí v průběhu cyklu, je kinematicko-geometrický diagram - cyklogram (Obr.5-6). Není v něm závislost na čase a tudíž má smysl jej vypracovat i u ručně poháněných mechanismů. Jedná se o úsečkový diagram, ukazující posloupnost jednotlivých akcí mechanismu vůči celkovému pohybu hlavního členu. Při konstrukci pomáhá mimo jiné při výpočtu funkčního zdvihu závěru.



Obr.5-6 Cyklogram [5]

K předběžnému výpočtu závěrového mechanismu potřebujeme mít spočítaný cyklogram. Na každém úseku se jedná o aplikaci rovnice (5.1) s působením proměnných sil, které jsou v různých úsecích cyklogramu odlišné. Jedná se o tyto síly:



Obr. 5-7 Síly působící na závěr

$F_d(t)$  – viz str.35

$F_o$  – odporové síly působící na závěr:

$$F_o = F_{pp}(x) + F_{ex} + F_{bm}(x) + F_t(x) \quad (5.3)$$

kde:

$F_{pp}(x)$  – síla předsuvné pružiny:

$$F_{pp}(x) = F_1 + c \cdot x \quad (5.4)$$

kde  $c$  je tuhost pružiny, ta se při zpětném pohybu ještě násobí koeficientem pro odlehčování  $x$

$F_{ex}$  – síla potřebná pro vytažení nábojnice:

Zjištění této hodnoty je komplikované a proto se v praxi obvykle nahrazuje experimentálně zjištěným tzv. součinitelem fiktivnosti  $\phi$ , kterým se násobí hmotnost pohybujících se součástí  $m_z$ .

$F_{bm}(x)$  – síla potřebná k napnutí bicího mechanismu

$F_t(x)$  – síla tření:

Skládá se ze čtyř složek:  $F_N(x)$  což je třecí síla ve vedení závěru vznikající momentem od působení sil v ose závěru, snažících se závěrem otočit okolo jeho koncového bodu.  $F_{t,zás}$  je síla mezi nábojem čekajícím na nabití, po kterém závěr klouže. Vytváří ji pružina v zásobníku a je tedy proměnná v závislosti na počtu nábojů v zásobníku.  $F_{t,v}(x)$  je síla tření vačky a  $F_{b,n}(x)$  vyjadřuje sílu mezi závěrem a kladívkem.

Po získání potřebných hodnot je několik možností jak vypočítat funkční diagram. Z pohybové rovnice a ze znalosti sil, které v ní vystupují, spočítáme průběh časové závislosti zrychlení podle vztahu:

$$a(t) = \Sigma F_i / m_z \quad (5.5)$$

Pro hodnoty rychlosti závěru na čase platí:

$$v_{n+1} = v_n(t) + \Delta v \quad (5.6)$$

$$\Delta v = a \cdot \Delta t \quad (5.7)$$

Poloha v libovolném okamžiku jeho pohybu:

$$x_{n+1}(t) = x_n(t) + v_{n+1}(t) \cdot \Delta t + (a \cdot \Delta t^2 / 2) \quad (5.8)$$



Výpočet lze provést několika způsoby. Nejčastěji se používají tyto tři:

## 5.3.1

**5.3.1 Výpočet numerickou integrací:**

Pro výpočet se použije program jako například excel nebo mathcad:

úsek 0-1, o až 0,00095m:

t	delta t	Fd	Fpp	Fb	Fe	Ft	mZ	fi*mZ	a	delta v	v	delta x	x	tlak p
			F1+c*s			1,7/(0,193)*(f	mz+1/3	1*mZ	suma Fi/mZ	a*delta t	v(n)=v(n-1)	0,5*a*delta t	s(n)=s(n-1)+delta s(n)	
0	0	2925	22	0	*	0	0,428	0,428	6783,17757	0	0	0	0	40
0,00001	0,00001	5338	22	0	*	67,433028	0,428	0,428	12264,1518	0,1226415	0,122642	6,13208E-07	6,13208E-07	73
0,00002	0,00001	7532	22,00048443	0	*	93,5147338	0,428	0,428	17329,1467	0,1732915	0,295933	2,09287E-06	2,70608E-06	103
0,00003	0,00001	10238	22,0021378	0	*	125,683602	0,428	0,428	23575,9679	0,2357597	0,531693	4,13813E-06	6,84421E-06	140
0,00004	0,00001	12432	22,00540692	0	*	151,769655	0,428	0,428	28640,9461	0,2864095	0,818102	6,74897E-06	1,35932E-05	170
0,00005	0,00001	14626	22,01073861	0	*	177,860363	0,428	0,428	33705,9086	0,3370591	1,155161	9,86632E-06	2,34595E-05	200
0,00006	0,00001	16454	22,018533	0	*	199,610259	0,428	0,428	37926,6851	0,3792669	1,534428	1,34479E-05	3,69074E-05	225
0,00007	1E-05	17771	22,02915688	0	*	215,281348	0,428	0,428	40965,6063	0,4096561	1,944084	1,73926E-05	5,43E-05	243
0,00008	0,00001	18575	22,042897	0	*	224,873651	0,428	0,428	42822,6716	0,4282267	2,372311	2,1582E-05	7,5882E-05	254
0,00009	0,00001	18502	22,05994677	0	*	224,036926	0,428	0,428	42653,7223	0,4265372	2,798848	2,58558E-05	0,000101738	253
0,0001	0,00001	17551	22,08037284	0	*	212,766499	0,428	0,428	40458,769	0,4045877	3,203436	3,00114E-05	0,000131749	240
0,00011	0,00001	16308	22,10408186	0	*	198,016974	0,428	0,428	37588,4788	0,3758848	3,579321	3,39138E-05	0,000165663	223
0,00012	0,00001	15065	22,13087375	0	*	183,266106	0,428	0,428	34718,1846	0,3471818	3,926502	3,75291E-05	0,000203192	206
0,00013	1E-05	13675	22,16052175	0	*	166,771127	0,428	0,428	31510,2298	0,3151023	4,241605	4,08405E-05	0,000244033	187
0,00014	0,00001	12286	22,19278577	0	*	150,270832	0,428	0,428	28302,2813	0,2830228	4,524627	4,38312E-05	0,000287864	168
0,00015	0,00001	10604	22,22741239	0	*	130,279255	0,428	0,428	24419,0265	0,2441903	4,768818	4,64672E-05	0,000334331	145
0,00016	0,00001	9288	22,2641215	0	*	114,634403	0,428	0,428	21379,9334	0,2137993	4,982617	4,87572E-05	0,000383088	127
0,00017	0,00001	8008	22,30263967	0	*	99,4167127	0,428	0,428	18425,2702	0,1842527	5,16687	5,07474E-05	0,000433836	109,5
0,00018	0,00001	6947	22,34273014	0	*	86,8057809	0,428	0,428	15977,1063	0,1597711	5,326641	5,24676E-05	0,000486303	95
0,00019	0,00001	6070	22,38417951	0	*	76,3675568	0,428	0,428	13951,024	0,1395102	5,466151	5,3964E-05	0,000540267	83
0,0002	0,00001	5507	22,42681104	0	*	69,6747789	0,428	0,428	12650,9052	0,1265091	5,59266	5,52941E-05	0,000595561	75,3
0,00021	0,00001	5009	22,47049334	0	*	63,763177	0,428	0,428	11502,7368	0,1150274	5,707688	5,65017E-05	0,000652063	68,5
0,00022	0,00001	4461	22,51512971	0	*	57,236074	0,428	0,428	10236,3991	0,102364	5,810052	5,75887E-05	0,000709652	61
0,00023	0,00001	4095	22,56062478	0	*	52,8884158	0,428	0,428	9392,12841	0,0939213	5,903973	5,85701E-05	0,000768222	56
0,00024	0,00001	3730	22,60689518	0	*	48,5375335	0,428	0,428	8547,86348	0,0854786	5,989451	5,94671E-05	0,000827689	51
0,00025	0,00001	3386	22,65387421	0	*	44,4456416	0,428	0,428	7754,25113	0,0775425	6,066994	6,02822E-05	0,000887971	46,3
0,00026	1E-05	3145	22,70149716	0	*	41,5752585	0,428	0,428	7196,99356	0,0719699	6,138964	6,10298E-05	0,000949001	43

Obr. 5-8 Ukázka výpočtu numerickou integrací v Excelu [5]

## 5.3.2

**5.3.2 Výpočet Nyströmovou metodou:**

Nyströмова metoda řešení diferenciálních rovnic druhého řádu zapsaných například ve tvaru (5-2) je numerickou metodou typu Rungeho-Kutta 4. řádu. Jeden krok této metody pro výpočet  $x_{m+1}$  z hodnoty  $x_m$  má následující tvar. Z hodnot  $t_m, x_m, v_m (x_m')$  určíme postupně hodnoty koeficientů:

$$k_1 = a(t_m, x_m, v_m) \quad (5.9)$$

$$k_2 = a[t_m + h/2, x_m + (v_m + k_1 \cdot h/4) \cdot h/2, v_m + k_1 \cdot h/2] \quad (5.10)$$

$$k_3 = a[t_m + h/2, x_m + (v_m + k_1 \cdot h/4) \cdot h/2, v_m + k_2 \cdot h/2] \quad (5.11)$$

$$k_4 = a[t_m + h/2, x_m + (v_m + k_1 \cdot h/4) \cdot h/2, v_m + k_3 \cdot h/2] \quad (5.12)$$

Rovnajících se hodnotám zrychlení závěru pro daná  $t$ ,  $x$  a  $v$ . Z těchto hodnot najdeme:

$$k = (k_1 + k_2 + k_3)/6 \quad (5.13)$$

$$k' = (k_1 + 2.k_2 + 2.k_3 + k_4)/6 \quad (5.14)$$

Přičemž:

$$t_{m+1} = t_m + h \quad (5.15)$$

$$x_{m+1} = x_m + h.(v_m + h.k) \quad (5.16)$$

$$v_{m+1} = v_m + h.k' \quad (5.17)$$

### 5.3.3 Výpočet „metodou střelby“:

Je-li lineární diferenciální rovnice pro pohyb závěru ve tvaru:

$$a_0(t).x'' + a_1(t).x' + a_2(t).x = f(t) \quad (5.18)$$

kde  $t$  náleží intervalu  $\langle t_1, t_n \rangle$ ,  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $f$  jsou na intervalu  $\langle t_1, t_n \rangle$  spojité funkce,  $a_0 \neq 0$  na  $\langle t_1, t_n \rangle$ . Necht'  $x(t_1)=d_0$ ,  $x(t_n)=d_1$ . Všechna řešení rovnice procházející bodem  $A=(t_1, d_0)$  interpretujeme jako dráhy střel vystřelených z tohoto počátečního bodu. Hledáme takovou hodnotu  $v(t_1)=b_n$ , pro niž by dráha střely procházela cílem  $B(t_n, d_1)$ . První funkci  $v(t_1)$  „zkusíme střelit“ podle svých zkušeností. Postupně se k hledané funkci přibližujeme a když je hodnota  $|x(t_n, b_n)-x(t_n)|$  dostatečně malá, prohlásíme  $x(t_n, b_n)$  za řešení dané úlohy.

Nepřesnosti vzniklé u numerického výpočtu při kroku 0,0001s jsou vždy menší než nepřesnosti vzniklé vlivem zjednodušení fyzikálních dějů u analytických výpočtů (např vliv bicího mechanismu). Pro výpočty matematického modelu závislosti  $x(t)$  jsou vhodné metody jako „metoda střelby“, kde jsou oproti skutečným výsledkům malé odchylky, už se však nehodí pro výpočet závislosti  $v(t)$ , zde je lepší použít analytické výpočty. Z toho tedy plyne, že je vhodné při výpočtu závěru použít kombinaci několika metod.

## ZÁVĚR

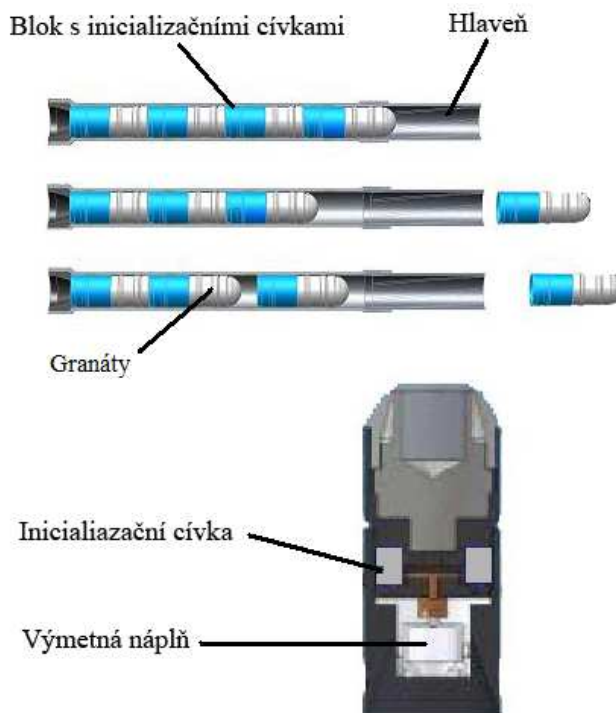
Vývoj závěrných mechanismů vede k maximální spolehlivosti a přizpůsobivosti podmínkám provozu (vlhkost, prašnost, teplota). Pozornost při konstrukčním vývoji je věnována i snižování hmotnosti, cenové dostupnosti a snadné ovladatelnosti. Například přepracovaný závěr nové německé pušky (jedná se o dvojčlenný otočný závěr) je možné ihned po vystřelení zásobníku dávkou vyjmout a vzít do holé ruky bez utrpení vážných popálenin, což do dneška bylo nemyslitelné. I nové závěry odstřelovacích, pušek schopných spolehlivé činnosti i po delším období nečinnosti v teplotách pod  $-30^{\circ}\text{C}$ , stojí rovněž za zmínku.

S rostoucím rozvojem elektroniky a elektrotechniky se dostává do popředí i elektronické řízení funkčního cyklu pomocí vnějších elektromotorů s přesně a zároveň rychle ovlivnitelným chodem. V souvislosti s elektronickým řízením lze uvést nový níže uvedený mechanismus (mechanismus však již při absenci pohyblivých dílů není to správné slovo), u kterého je pravděpodobné, že se v budoucnu dočká velkého využití.

V nedávné době se objevil nový systém s názvem Metalstorm, konstrukčně zcela odlišný od zde popisovaných mechanismů. Jedná se o princip, který kromě střely samotné, neobsahuje žádné pohyblivé díly. Tím se samozřejmě eliminuje mnoho problémů, hlavně v oblasti spolehlivosti a opotřebení jednotlivých částí mechanismu. Také kadence byla dodnes omezena především maximální možnou rychlostí pohybu jednotlivých částí systému. Pro srovnání, u klasických mechanismů je zatím maximální dosažená kadence 30 000 ran za minutu. Systém Metalstorm je nyní schopen dosáhnout kadence

1,62 milionů ran za minutu s potenciálem k dalšímu zlepšení (není však v technických možnostech tuto kadenci udržet příliš dlouho, vzhledem k obtížnému nabíjení a nárokům na materiály). Systém funguje na bázi elektronického odpalování střel, které se nacházejí v hlavni za sebou. Za každou střelou se nachází prachová náplň a elektronicky řízená zápalka. Náboje se do hlavně vkládají zezadu, ve formě bloku. Elektronické řízení umožňuje velké množství nastavení, přepínání mezi několika hlavními, v kterých může být různá munice, dále plné řízení kadence a v neposlední řadě také pojistky proti neoprávněnému použití apod. Systém je zatím ve fázi vývoje a dostává se mu velké podpory od Australské vlády, což je domovská země této firmy, a také Spojené Státy Americké mají zájem na rozvoji projektu Metalstorm. Využití ve vojenské sféře má v mnoha klasických aplikacích již zajištěno, kromě zjevných, jako jsou více

hlavňové zbraně s různými druhy střeliva, granátomety, podvěsy pod letouny



nahrazující nově zakázané kazetové pumy a jiné, i využití zcela nových systémů obranného, ale i útočného poslání. Jsou to například nové druhy reaktivního pancíře nebo několika násobně použitelné miny. Plánuje se i využití ve sféře civilní. Konkrétně v oblasti zábavné pyrotechniky, rozprašování zemědělských látek, hasicích přístrojů a další.

Největší nevýhodou je dle subjektivního poznání systémů nabíjení zbraně, které se časem nutným pro doplnění aktivního střeliva zdaleka nemůže srovnávat s nabíjením mechanismů beroucích si náboje z normálního zásobníku. Toto reálně znemožňuje aplikovat uvedené na primární zbraň jednotlivce, jakou je dnes útočná puška. Vyvíjí se nabíječe hlavně pro aplikace v letecké technice. Je zde ale otázka plynulosti dodávek střeliva a komplexnost těchto nabíječek, která téměř vyvažuje jednoduchost samotného odpalovacího zařízení. Vývoj je v současnosti na začátku, ale už nyní má Metalstorm jistotu uplatnění v mnoha aplikacích, kde plně splňuje požadavky (jedná se tedy především o aplikace nevyžadující rychlé znovunabití).

Skutečnost, že plnohodnotné nahrazení klasických závěrů dosud neexistuje v té míře, že by bylo konstrukční provedení uzpůsobeno ke splnění zásadních požadavků, lze předpokládat, že technické zlepšování stávajících závěrných mechanismů je nezbytné. Každá inovace přináší snížení hmotnosti, zlepšení uživatelského komfortu a vymezení systému uložení, které by mělo zajistit bezchybnou funkci. Celý inovační systém s sebou nese i růst kvality materiálových aplikací, které tvoří samostatnou oblast problematiky závěrných mechanismů a nejsou v předkládané bakalářské práci řešeny. Její přínos je zaměřen pouze na rešeršní přehled konstrukčních řešení jednotlivých systémů závěrů.



## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

---

- [1] FÍŠER, Miloslav, PROCHÁZKA, Stanislav. *Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2007. 138 s. ISBN 978-80-248-1430-8.
- [2] FÍŠER, Miloslav. *Konstruování loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2006. 142 s. ISBN -80-248-1021-2.
- [3] FÍŠER, Miloslav, BALLA, Jiří. *Malorážové zbraně : Konstrukce*. 1. vyd. Brno : UO Brno, 2004. 400 s.
- [4] POPELÍNSKÝ, Lubomír. *Základy konstrukce zbraní*. 2. vyd. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2005. 189 s. ISBN 80-7194-798-9.
- [5] MACKO, Martin. *Teorie a výpočty loveckých sportovních a obranných zbraní*. 1. vyd. Ostrava : VŠB - Technická univerzita, 2006. 100 s. ISBN 80-248-1255-X.
- [6] ČECH, V. *Brzdovratná zařízení děl*. 1.vyd. Brno: UO Brno, 1991
- [7] FINNIEAR, Lee. *Metal Storm* [online]. 2007 , 18.04.2009 [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.metalstorm.com/>>.

---

## SEZNAM SYMBOLŮ

$F_d$ [N]	- síla na dno hlavně
$F_h$ [N]	- síla na dno nábojnice
$t$ [s]	- čas
$t_0$ [s]	- čas, kdy se dá střela do pohybu
$t_u$ [s]	- čas, když střela opustí hlaveň
$t_r$ [s]	- čas volného unikání plynů z hlavně
$m_z$ [kg]	- hmotnost všech součástí zbraně pohybujících se během funkčního cyklu vzhledem k rámu
$p$ [MPa]	- tlak prachových plynů v hlavni
$S_d$ [mm <sup>2</sup> ]	- vnitřní plocha dna nábojnice
$F_{pp}$ [N]	- síla předsuvné pružiny
$c$ [N·m <sup>-1</sup> ]	- tuhost pružiny
$F_{ex}$ [N]	- síla potřebná pro vytažení nábojnice
$F_{bm}$ [N]	- síla potřebná k napnutí bicího mechanismu
$F_t$ [N]	- třecí síla
$F_0$ [N]	- součet odporových sil
$x$ [m]	- poloha závěru
$x' = v$ [m.s <sup>-1</sup> ]	- rychlost závěru
$x'' = a$ [m.s <sup>-2</sup> ]	- zrychlení závěru

## SEZNAM OBRÁZKŮ

---

- Obr.2-1 Jateční pistole  
obr.2-2 Otočný a sklopný závěr  
obr.2-3 Jeden z prvních klínových mechanismů  
obr.2-4 Jednočlenný odsuvný mechanismus Mauser  
Obr.2-5 Dvoučlenný odsuvný přímotažný mechanismus  
Obr.2-6 Zjednodušené schéma přímoběžného závěru s vloženou závorou  
Obr.2-7 Komorový závěr s příčným válcem  
Obr.2-8 Lůžkový závěr granátometu  
Obr.3-1 Neuzamčený dynamický mechanismus s pohyblivým závěrem  
Obr.3-2 Neuzamčený dynamický závěr s pohyblivou hlavní  
Obr.3-3 Závěr bržděný řízeným předzápalem  
Obr.3-4 Závěr bržděný dělenou hmotou  
Obr.3-5 Závěr bržděný válečky  
Obr.3-6 Uzamčený závěr sklopný  
Obr.3-7 Uzamčený závěr přímoběžný s nesenou závorou  
Obr.3-8 Uzamčený závěr přímoběžný vloženou závorou  
Obr.3-9 Uzamčený závěr klínový  
Obr.3-10 Uzamčený závěr klínový odemykaný paralelogramem  
Obr.4-1 Využití impulsu výstřelu k pohonu závěru  $t_0$ - čas, kdy tlak plynů vymete střelu z nábojnice  $t_u$ - čas, když střela opustí hlaveň, poté již plyny unikají volně z hlavně  
Obr.4-2 Systém s dlouhým zákluzem hlavně  
Obr.4-3 Pohon impulsem výstřelu na celou zbraň  
Obr.4-4 Pohon impulsem prachových plynů, odebírání komunikačním kanálkem s vnějším pístem.  
Obr.4-5 Pohon impulsem prachových plynů, kanálek vede až k závěru, kde se teprve nachází píst.  
Obr.5-1 Vůle mezi dnem nábojnice a čelem závorníku  
Obr.5-2 Vůle v uzamčení  
Obr.5-3 Tolerování závěrového uzlu  
Obr. 5-4.  $t_0$ - čas, kdy tlak plynů vymete střelu z nábojnice,  $t_u$ - čas, když střela opustí hlaveň,  $t_r$ - čas volného unikání plynů z hlavně  
Obr.5-5 Ukázka funkčního diagramu [3]  
Obr.5-6 Cyklogram [5]  
Obr. 5-7 Síly působící na závěr  
Obr. 5-8 Ukázka výpočtu numerickou integrací v Excelu [5]

